

STN Karlsruhe

L2 ANSWER 1 OF 1 WPIDS COPYRIGHT 2005 THE THOMSON CORP on STN
ACCESSION NUMBER: 1988-114996 [17] WPIDS
DOC. NO. NON-CPI: N1988-087394
DOC. NO. CPI: C1988-051543
TITLE: Semiconductor monocrystal mfr. - using electrostatic field to suppress vibrations in boundary area.
DERWENT CLASS: L03 U11
PATENT ASSIGNEE(S): (TOKE) TOSHIBA KK
COUNTRY COUNT: 1
PATENT INFORMATION:

PATENT NO	KIND	DATE	WEEK	LA	PG	MAIN IPC
JP 63060189	A	19880316 (198817)*		5		<--

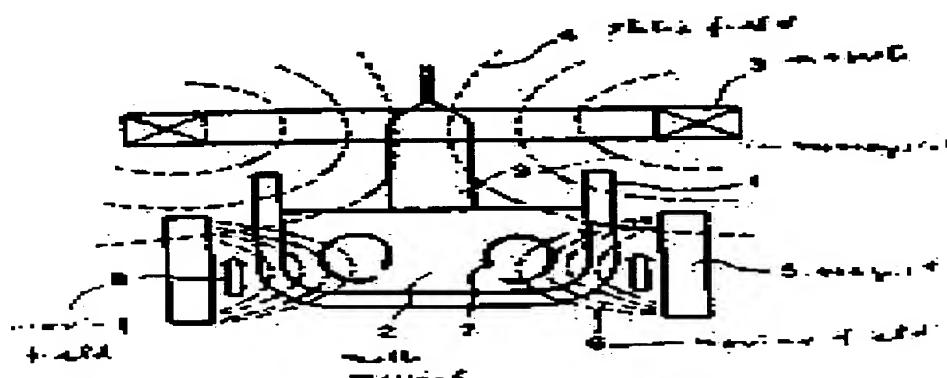
APPLICATION DETAILS:

PATENT NO	KIND	APPLICATION	DATE
JP 63060189	A	JP 1986-202495	19860828

PRIORITY APPLN. INFO: JP 1986-202495 19860828

INT. PATENT CLASSIF.: C30B015-02; H01L021-18

GRAPHIC INFORMATION:



BASIC ABSTRACT:

JP 63060189 A UPAB: 19930923

When forming monocrystal of semiconductor by pulling up the crystal from molten material in a crucible, an electrostatic field is applied to the neighbourhood of the solidifying boundary of the material to suppress vibration of the material in this area. A moving field or rotating field of low frequency wave is applied to the intermediate portion and lower portion of the molten material to provide vertical vibrations to the material.

ADVANTAGE - Condition of molten material in neighbourhood of solidifying boundary is stabilised by the electrostatic field generated by DC power and molten material is sufficiently agitated by the moving field to provide uniform distribution of impurities in the material. Agitating force can be controlled at an arbitrary position of the molten material.

1/4

FILE SEGMENT: CPI EPI

FIELD AVAILABILITY: AB; GI

MANUAL CODES: CPI: L04-B01

EPI: U11-B01

This Page Blank (uspto)

⑩ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭63-60189

⑬ Int. Cl. 4

C 30 B 15/02

15/30

// H 01 L 21/18

識別記号

庁内整理番号

8518-4G

8518-4G

7739-5F

⑭ 公開 昭和63年(1988)3月16日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑮ 発明の名称 半導体単結晶の製造方法

⑯ 特 願 昭61-202495

⑰ 出 願 昭61(1986)8月28日

⑱ 発明者 山崎 秀樹 東京都港区芝浦1丁目1番1号 株式会社東芝本社事務所内
⑲ 出願人 株式会社東芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
⑳ 代理人 弁理士 佐藤 一雄 外2名

明 横 翻

(従来の技術)

I C、L S I、パワー半導体素子等の基板となるシリコンやガリウムヒ素等の半導体単結晶は現在主にチョクラルスキー法により製造されている。チョクラルスキー法による単結晶引き上げにおいてはその半導体原料融液の熱対流による結晶欠陥の発生あるいは不純物の混入およびその濃度の不均一さ等が問題となる。例えば一旦成長した結晶が温度の高い融液の熱対流により部分的に再溶解してこれが結晶欠陥となり、あるいはその発生の原因となっている。

この問題を解決するための一方法が磁場印加引上(MCZ)として特公昭58-5093に示されており、それによれば例えばシリコン単結晶の製造に際して融液に静電界を加え熱対流を抑制しようとするものである。

しかしこの方法で単結晶の引き上げを行うと、熱対流が抑制されるために融液濃度はたしかに低下するが、逆に搅拌が抑えられ濃度分布はむしろ不均一になる傾向にある。シリコンのみでなくガ

1. 発明の名称

半導体単結晶の製造方法

2. 特許請求の範囲

ルツボ内の原料融液表面から引上げによって単結晶を得る半導体単結晶の製造方法において、前記融液の凝固界面近傍には静電界を加えて前記融液の界面近傍の搅動を抑えつつ、中間部および下部には低周波による移動磁界もしくは回転磁界を加えて前記融液の内部に上下方向の振動を生じさせながら引上げることを特徴とする半導体単結晶の製造方法。

3. 発明の詳細な説明

(発明の目的)

(産業上の利用分野)

本発明は、シリコンやガリウムヒ素等の半導体単結晶を引上げより製造する製造方法に関する。

リウムヒ素等の単結晶一般については、結晶欠陥のない組成分布の均一な単結晶を得るために、その原料である融液の組成を均一にし、かつ温度を安定させることが必要である。単結晶引上げの際、単結晶の原料はルツボに入れられ、ルツボの外側面からヒーターで加熱されて溶解されるが、ルツボ壁面より加熱された融液は熱対流を生ずる。熱対流は融液に部分的な温度差がある場合にこれを均一化するように生ずるものであると考えることもでき、熱対流を生することは逆に融液の温度が均一ではなく不安定な状態であることを示しているといえる。

このため、組成の均一化と温度の均一化、安定化を図るために一方法として、引き上げている単結晶融液を強制的な搅拌により回転させることが従来行なわれている。

しかし、このような単結晶の回転による搅拌のみでは必ずしも十分でない。これは融液は粘性が小さいが、みかけ上の慣性は大きいため単結晶を回転させ融液表面部を搅拌しても全体が均一に搅

のような回転方向の搅拌による径および上下方向の流れに影響を与える要素としては、融液の動粘性係数、ルツボの大きさ、計上、融液の深さ、単結晶の径の大きさ、単結晶の回転速度、熱対流の強さ等がある。

このような多くの要素を最適条件で選択して単結晶の回転による搅拌をおこなうことは非常に困難である。また実験によると回転方向の搅拌による径および上下方向の流れが、全体として安定した流れになるまでに1~数分の時間がかかることが判明している。この安定時間内に条件が変化してしまうこともあり、最適条件を選ぶのみならず、その再現性を保つことも非常に困難となっている。

(発明が解決しようとする問題点)

このように従来の半導体単結晶の製造方法では、成長する単結晶中に結晶欠陥が発生したり濃度分布が劣化したりする等の欠点がある。そこで本発明では安定した融液条件のもとで結晶を成長させることにより、結晶欠陥の無いしかも濃度分布の良好な単結晶を製造するための半導体単結晶の製

作される流れとなりにくいためである。例えばシリコンあるいはガリウムヒ素の溶融状態での動粘数はそれぞれ 0.4×10^{-6} 、 $0.3 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ であり、水のそれは $1 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ であって、水よりも粘性が小さい。このため単結晶回転による部分的な搅拌では融液全体が搅拌されにくい。このように融液全体を均一にかつ十分に搅拌するためには回転方向の流れのみでは不十分であり、径方向や上下方向の搅拌も伴なった全方向搅拌が必要である。

第3図および第4図は表面部で単結晶9を回転させた場合の有限要素法による流体解析の結果を示す説明図であって、第3図はルツボ1中に入れられた単結晶原料融液2の流線を、第4図は融液の流れをそれぞれルツボの半分につき示している。これらによれば、従来のような単結晶の回転による搅拌であっても、回転流に遠心力が働き、周方向へ押し抜けられる力が生じて径方向成分の流れとなり、この流れはルツボ壁に当たり、下方に向かい中央部で上へ向かう流れの経路を生ずる。こ

れで方法を提供することを目的とする。

(発明の構成)

(問題点を解決するための手段)

本発明によれば、ルツボ内の原料融液表面から引き上げによって単結晶を得る半導体単結晶の製造方法において、融液の凝固界面近傍には静磁界を加えて融液の界面近傍の振動を抑えつつ中間部および下部には低周波による移動磁界もしくは回転磁界を加えて融液の内部に上下方向の振動を生じさせながら引き上げることを特徴としている。

(作用)

融液の中間部および下部に低周波による移動磁界または回転磁界を加えることにより融液中に電圧が誘起されて2次電流が流れ、これと磁界との間で上下方向の力が発生する。これにより融液が一様に搅拌され結晶の不純物濃度分布を均一とする。

(実施例)

以下本発明の実施例を図面に基づいて詳細に説明する。

第1図は本発明の一実施例の構成を示す図、第2図は本発明による移動磁界の磁束密度がルツボ内融液位置でどのように減衰するかを示す特性曲線であり、第2図のX軸位置は第1図のそれと対応している。

ルツボ1の内部にある単結晶原料融液2の上部には静磁界発生用マグネット3を配置し、このマグネット3に直流を通電することにより静磁界4を融液2の凝固界面近傍に加える。また融液2の中間部から下部にかけて上下方向の移動磁界を発生するためにマグネット5を配置する。すなわち、ルツボの回りに円筒を配設しその円筒内面に垂直方向にコアが電磁石を多數配設し、モータのステータと同様の構成とすればよい。

これにより移動磁界6が発生し、融液2の内部に移動磁界による搅拌流7が発生する。これにより融液2は十分に搅拌されその組成は均一になるとともに温度も均一となる。なお、印加する電流の周波数は20～30Hz、磁束密度は800～3000ガウス程度とすればよい。

但し、k：定数

B：力を発生する位置での磁束密度

τ ：交流マグネットの極ピッチ

f：印加電源周波数

である。

またマグネット5の表面から距離Zだけ離れた位置での磁束密度Bは、

$$B = B_0 \left(1 - \beta\right) \exp\left(-\alpha \frac{\pi}{\tau} \cdot Z\right) \quad \dots \dots \dots (2)$$

但し、 B_0 ：マグネット表面での磁束密度

β ：融液中での磁束の減衰係数

α ：空間減衰係数

Z：マグネット表面からの距離

である。ここで減衰係数 β は移動磁界により融液2中に誘起されて流れる2次電流損により生ずるものであり、

$$\beta = k_1 \cdot \sigma \cdot \tau \cdot f \left(1 + k_2 \frac{d}{\tau}\right) \quad \dots \dots (3)$$

マグネット5による移動磁界の移動方向は図中に矢印8で示す方向である。なお本実施例の場合には、融液2の内部に上下方向の搅拌流を発生させるために移動磁界を発生するようにしているが、円環状電磁石を用いて回転磁界を与えるようにしても同様の上下方向の搅拌流が得られる。なおこの場合の周波数は50～60Hz程度が望ましい。一方、融液2の表面では前述したようにマグネット3による静磁界により運動が抑えられているため単結晶9の引き上げに際して欠陥のない結晶を得ることができる。このように移動磁界6により融液2が搅拌されるのは、シリコンやガリウムヒ素等の半導体融液が導電性を有しており、移動磁界を加えることにより電圧が誘起されて2次電流が流れ、これと磁界とで移動磁界方向の力が発生するためである。

この力について考察すると、まず融液に加わる力Fは次式で与えられる。

$$F = k \cdot B^2 \cdot \tau \cdot f \quad \dots \dots \dots (1)$$

但し、 k_1 k_2 ：係数

σ ：融液の導電率

d：融液の厚さ

である。

ここで(1)式はフレミングの左手の法則と右手の法則とから容易に導かれる式であり、搅拌力Fは磁束密度Bの2乗と電源周波数fに比例することがわかる。

また(2)、(3)式は理論式の一部を実験式で補正したものであり、(2)式は磁束密度が融液中に2次電流が誘起されることによる減衰項“(1 - β)”と物理的距離による減衰項“ $\exp(-\alpha \frac{\pi}{\tau} \cdot Z)$ ”との2つの要因により減衰することを示している。すなわちピッチ τ はマグネットの寸法により決まるものであり、一定であるとすると距離に応じて指数関数的に減衰することがわかる。また(3)式より2次電流による減衰は周波数fに比例することがわかる。これらの結果から、マグネットの形状(これにより β が決まる)および配置(これにより Z が決まる)と周波数fとにより減衰が決ま

るため、周波数 f を変えることにより搅拌力が変わるとともに搅拌深さを選択することができる。第2図には(2)式および(3)式の関係がグラフとして示されている。同図中の破線は融液がない場合を示しており、融液中のうず電流により磁束密度が急激に減衰することがわかる。また周波数 f が決まれば磁束密度 B を変えることにより搅拌力を調整できる。したがってマグネットに加える周波数 f と電流 I を設定することにより必要とする搅拌力が確実に得られるため、最適な搅拌を得られるよう調整が可能となる。

このように本発明は電磁力により直接融液を搅拌するため応答も良く、また確実に搅拌が制御でき再現性も高い。また、融液の減少等の変化に合わせたダイナミックな搅拌制御も可能となる。なお、融液2の上部特に単結晶の凝固界面では融液2の運動あるいは温度変動があると結晶に欠陥を生ずることから、従来行なわれている磁場印加引上(MEZ)と同様に静磁界4を印加しているため、融液2の動きを界面近傍で抑えるような制動力が

(発明の効果)

以上実施例に基づいて詳細に説明したように、本発明によれば、融液表面に直流による静磁界を与えて結晶の成長にもっとも重要な凝固界面の状態を安定に保ち欠陥のない半導体単結晶をつくるとともに、移動磁界により融液を十分に搅拌することにより結晶の不純物濃度分布を均一にすることができる。また電磁力を用いて搅拌を行っているため融液の任意の位置に任意の力を加えるよう制御することができる。このため制御性、速応性、再現性に優れ、常に最適条件の搅拌を行うことができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例の構成を示す図、第2図は移動磁界の磁束密度のルツボ内融液位置での減衰を示す特性図、第3図および第4図は従来の方法によるルツボ回転による融液の流れの有限要素法による流体解析結果を示す図である。

1…ルツボ、2…単結晶原料融液、3…静磁界

動き、融液2界面での運動は抑えられ、凝固界面は安定した状態に保たれる。

したがって、本発明による結晶引上げ方法では、結晶の成長に最も重要な凝固界面には直進磁界を加えて融液の運動を抑え安定した結晶成長条件を保つ。

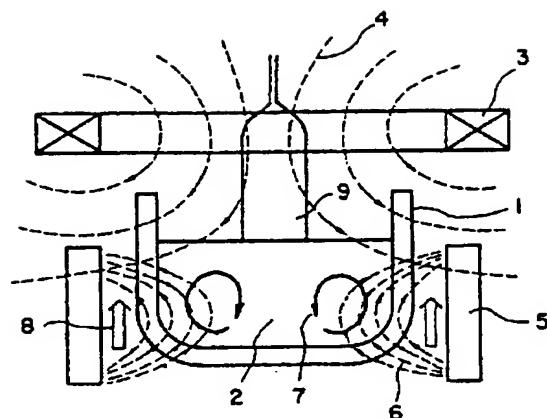
一方、融液中間部および下部には移動磁界により上下に搅拌を起し融液を十分に搅拌して不純物濃度の分布を均一とするようにしている。移動磁界による電磁力で融液を直接搅拌することは、搅拌を任意に制御することができることを意味し、速応性もありまた再現性にも優れているといえる。

また上下方向への搅拌は第2図に示すようにルツボ1の周囲中心部へ向かう搅拌旋が生ずるため、ルツボ1周囲のヒーターによる加熱が融液全体に均一となるよう搅拌される。したがって回転方向の搅拌に比べ効率的である。

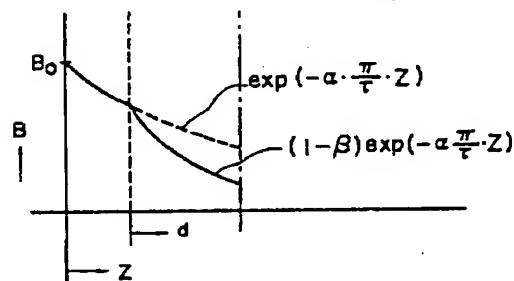
なお上述した実施例では、移動磁界を用いているが、この代りに前述した回転磁界を用いた搅拌を行った場合も同様の効果を得ることができる。

発生用マグネット、4…静磁界、5…移動磁界発生用マグネット、6…移動磁界、7…移動磁界による搅拌液、8…移動磁界方向、9…単結晶。

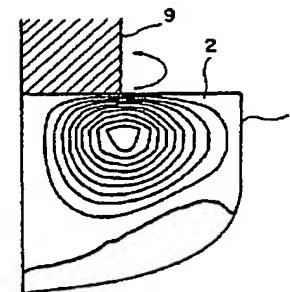
出願人代理人 佐藤一雄



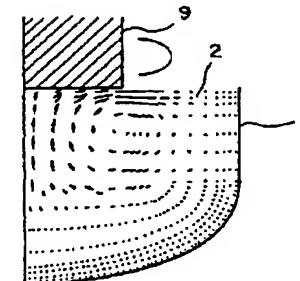
第 1 図



第 2 図



第 3 図



第 4 図

This Page Blank (uspto)